标准数字化治理战略：机遇、挑战及对策*

马　超
（中国电力科学研究院有限公司，北京　100192）

摘　要:［目的 / 意义］标准数字化能够深度挖掘标准潜在知识，并释放标准潜在价值。标准数字化治理战略直接关乎我国数字经济发展和国际竞争力的提升。［方法 / 过程］基于全球标准数字化变革趋势，从新技术、发展政策、发展格局、治理理念四方面进行研究。［结果 / 结论］研究结果表明：（1）标准数字化治理需把握四个机遇，一是标准数字化新技术促进标准链产业链全链条发展，二是标准化发展政策鼓励引导标准数字化发展，三是传统标准化发展格局产生变革，四是标准数据治理理念发生改变。（2）标准数字化治理正面临三个挑战，一是基本理论、关键技术、实施路径和应用场景尚未形成完整体系，二是成熟产品和优秀试点案例较少，三是制度体系和管理机制有待健全和完善。（3）标准数字化治理需考虑四项对策，一是大力发展基础概念体系和基础共性关键技术，二是强化相关政策保障，三是推动相关理论与各类业务场景融合和创新应用，四是提前谋划未来国际市场。

关键词: 标准数字化　中国标准化发展　机器可读标准　标准化发展战略
分类号: F203　F49
DOI: 10.31193/SSAP.J.ISSN.2096-6695.2024.01.03

0 引 言

2021 年 10 月，中共中央、国务院印发的《国家标准化发展纲要》明确指出要发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转型[1]。标准作为质量基础设施高质量发展的重要元素，既是国民经济和社会发展的基石，也是引领数字经济发展的旗帜，更是提升我国国际竞争力的重要支撑[2-3]。随着国家数字化转型发展的深入，标准领域的数字化转型也吸引了众多专家学者的关注。标准数字化治理是指利用大数据、云计算、物联网、人工智能等数字新技术改变标准文档形态和标准文档应用过程的新理念。不同于传统人工阅读纸质标准的固有思维和模式，其更突出机器治理标准知识的创新变革（如机器智能地对标准文献相关数据进行阅读、理解、执行、解释等），不仅强调要突破现有人工智能技术实现标准数据的机器可读、可

* 本文系国家电网公司总部科技项目“国家电网公司标准数字化实现路径及关键技术研究”（项目编号：5700-202241437A-2-0-ZN）的研究成果之一。
［作者简介］马超（ORCID：0000-0002-7947-1475），男，工程师，硕士，研究方向为电力标准化发展战略及规划、电力标准数字化、新型电力系统、网络安全、用电信息安全、电力密码应用等，Email：2051143463@qq.com。

执行、可解释，更关注标准形态变化后引发的一系列新管理机制、新治理模式、新产品、新场景及新产业形态变革。因此，深刻理解数字经济、国际竞争与标准数字化转型（包括标准本身形态变革、标准数据数字化变革应用、标准数据安全、标准版权保护等）的关系，是推动国家标准化高质量发展、快速融入标准数字化转型发展大势的必然选择。

目前，业界许多专家学者已在标准数字化及机器可读标准的基本概念及内涵、标准数字化国内外动态、不同行业标准数字化典型应用案例等方面做了诸多研究，主要可分为三类：

一是对国内外标准数字化发展动态和标准数字化内涵特征的研究。例如，邬贺铨[4]认为，标准数字化包括标准的表现形式数字化和标准化方法的数字化。于欣丽[5]认为，标准数字化是指利用人工智能等技术或工具，对标准及相关数据进行加工、处理、解析、标注和关联，以期实现人或机器阅读标准、理解标准、调用标准及访问标准等过程。汪烁等[6]认为，机器可读标准是标准数字化的核心内容。刘曦泽等[7]认为，标准数字化是指利用数字技术对标准本身和标准全生命周期赋能，使标准承载的规则能被数字设备读取、传输与使用的过程。

二是对不同行业标准数字化的实践探索。例如，在航空领域，李翔宇等[8]认为，标准数字化应侧重于标准智能应用，即如何利用数字化技术解决航空装备全寿命周期内“用什么标准”和“怎么用标准”两大问题。在工业自动化领域，王春喜等[9]提出涵盖公共数据字典建设、设备信息模型及数字工厂模型的工业机器可读标准应用。在电力领域，马超等[10]提出涵盖“全文检索、指标检索、标准动态更新、标准关联内容展示、标准智能推荐、标准智能问答、标准智能决策”内容的电力标准数字化应用场景。在信息资源管理领域，甘克勤等[11]提出建设国家数字标准馆的技术路线，并指出要推进标准数字资源库、标准文献数字服务平台及标准数字体验馆建设。

三是对标准数字化相关的前瞻技术理论研究。程云等[12]站在人工智能的视角下，提出了包含“标准题录属性抽取、条款(段落)抽取、主题词生成、基于条款生成 FAQ 的标准文献问答、结果审核标注”的标准数字化关键技术路径。王一禾等[13]认为，标准数字化技术涉及大数据技术、知识图谱技术、自然语言理解技术、用户画像技术等。白殿一[14]认为，标准化原理是标准数字化的坚实基础，不仅为标准数字化概念及分类体系建立提供指导，还可为标准数字化应用提供方法。

综上所述，现有研究偏向于国际前沿动态、行业发展现状和技术创新成果，有关如何推动我国标准数字化转型发展问题的研究相对较少，研究的前瞻性、针对性、系统性不足，尚未提出完整的、体系化标准数字化发展思路和对策。中国是标准化建设大国和数字经济大国，深化中国对标准数字化转型发展的研究具有重要的现实意义。因此，本文拟围绕中国现实情况展开，分析当前中国如何开展标准数字化转型，即中国标准数字化转型发展机遇、问题、挑战以及发展对策，从而为中国数字经济发展、产业数字化转型发展提供参考。

1　全球标准数字化变革趋势

标准是经济活动和社会发展的技术支撑，是国家基础性制度的重要方面[1]。标准不仅影响

市场的主导权，还深刻影响中国参与国际竞争的话语权［4-5］。标准数字化的核心是推动数字技术和标准化工作融合，突破标准纸质文本形态，强调标准以知识形态（算法、公式、模型、代码、模块、工具、系统、平台等）进行变革［1-5］。因此为了适应数字化发展大势，标准也亟须开展数字化转型。

标准数字化的内涵分为两个方面，一是标准本身数字化，二是标准化过程数字化。（1）标准本身数字化，也叫机器可读标准，即可直接由机器、软件或自动化系统解析和使用，以满足用户应用的、可移植的数字化形式的新型标准［4-6］。机器可读标准分为 0、1、2、3、4 五个等级。0 级为纸质文本，1 级为传统数字化格式标准，2 级为机器可读文档［5-7］，3 级为机器可读和可执行内容的标准［11-13］，4 级为机器可解释内容的标准［6］。（2）标准化过程数字化，也叫标准化方法的数字化，即利用数字技术对标准化工作的全生命周期进行管理［14］。例如：标准研制的数字化，指利用软件在线编写标准，并且实现多人协同编辑；标准查询的数字化，指利用数字化技术实现标准全文检索、标准关联关系展示、标准动态更新消息提示等应用场景；标准应用的数字化，指利用数字化技术实现标准的指标比对和参数分析［14］，且利用数字化技术实现标准全生命周期管理和标准数据画像展示［15-20］。

1.1 国际标准数字化发展动态

标准数字化是对传统人工阅读、理解、使用标准的过程进行升级，进而提升撰写标准、查询标准、应用标准的快捷性、高效性、效益性的过程。不同于传统产业数字化转型，标准数字化转型辐射范围更加广泛。由于标准领域本身的基础性、引领性特征，因此一旦标准文本形态变革，各行各业所有标准的使用过程均要发生重大改变，其带来的影响远远比某个单一领域数字化转型更为深远，将衍生海量的数据知识和数据价值，将迅速引领全球经济高质量转型的发展格局［21-22］。国际标准数字化发展态势主要体现在以下两个方面：

（1）国际标准化研究机构将标准数字化上升到战略发展高度，以国际标准化组织（International Organization for Standardization，简称为 ISO）和国际电工委员会（International Electrotechnical Commission，简称为 IEC）为例，一是 ISO 将"数字技术"纳入《ISO 2030 战略》［23-24］；二是 ISO 提出了 SMART 标准的概念（即 3 级机器可读和可执行内容标准、4 级机器可解释内容标准），并成立了机器可读标准工作组（Meeting Registration System，简称为 MRS）及机器可读标准战略资讯组（Sales Advisory Group Meeting Registration System，简称为 SAGMRS）；三是 IEC 成立数字化转型和系统方法战略组（Standardization Management Board /Strategic Group 12，简称为 SMB/SG12），提出了标准化架构模型、最小信息单元和标准信息模型、标准管理壳等重要基础概念［25-26］，并制定智能标准路线图。此外，欧洲标准化委员会 / 欧洲电工标准化委员会（CEN/CENELEC）提出了大力探索标准数字化领域潜在的开源和创新技术［27-28］。

（2）欧美国家更关注将标准数字化技术与产业融合应用［29-30］，以美国、德国和英国为例，一是美国在 5G、无人机、先进材料、航天等国防科技热点领域［31-33］开展"SMART 标准"研究；二是美国国家标准学会（American National Standards Institute，简称为 ANSI）和美国行业机构［34］联合推行"ISO SMART"标准，其是指用户与标准交互所需的一种新型智能标准形态（包括新型标准格式、新型标准化流程和新型标准化工具）；三是美国将"标准数字化"列为新兴前沿技

术[35]；四是德国依靠工业 4.0 平台[36]和工业资产管理壳[37]等研究成果，开展了“标准—产业—应用”模式全链条研究[38]；五是英国提出了 BSI Flex（British Standards Institution Flex，简称为 BSI Flex）标准[39-40]。

综上所述，标准数字化正成为引领数字经济发展的关键要素，国际标准化组织和世界发达国家正从 3 级标准形态向 4 级标准形态迈进，其发展战略几乎均与标准数字化紧密相连，标准数字化发展已成为国际热点方向（见表 1）。

表 1 国际标准数字化重点方向、发展现状、典型场景和发展概况

国际标准化组织和部分发达国家	发展阶段	未来重点方向	代表性领域	发展概况
ISO	3~4 级	SMART 标准技术路线图、标准在线协同编写平台	标准化	2017 年，《IEC 发展规划》中提出使用机器可读的新型数字标准；2018 年，IEC 成立数字化转型战略小组（SG12）；2019 年，ISO/IEC 提出了 SMART 标准概念；2021 年，ISO 和 IEC 联合成立 SMART 指导工作组；2022 年，ISO 和 IEC 联合开发在线标准制定平台（Online Standard Development，简称为 OSD）
IEC	3~4 级	SMART 标准、标准在线协同编写平台	标准化	2021 年，ISO 和 IEC 联合成立 SMART 指导工作组；2022 年，ISO 和 IEC 联合开发在线标准制定（OSD）平台
CEN/CENELEC	3~4 级	机器可读标准配套软件、标准在线协同编写平台	标准化	2020 年，开始探索标准数字化领域潜在的开源和创新技术
美国	3~4 级	标准参考数据库、标准化信息系统	5G、无人机、先进材料、航天等	2019 年，美国人工智能研发战略计划推动建立和完善相关领域数字标准；2020 年，在 ANSI 年度报告中将 ISO SMART 标准列为新兴前沿技术。
德国	3~4 级	机器可读标准配套软件、标准集成模型、工业 4.0 平台、工业资产管理壳	智能制造、数字孪生	建立“标准化委员会—实验室网络—工业 4.0 平台”三元决策治理结构，从决策机制、实现模式、产业应用等方面推进标准数字化与产业协同发展；依托工业 4.0 资产管理壳构建标管理壳，实现数字世界中标准信息交互
英国	3~4 级	BSI Flex 标准	新型冠状病毒肺炎疫情、车联网	2019 年，提出了 BSI Flex 标准（每个标准版本均经过公开征询意见和审查的在线标准形态）；2021 年，提出了两项新型冠状病毒肺炎疫情、车联网方向标准需求

1.2 国内标准数字化发展动态

标准数字化转型的关键不仅在于突破某个局部技术难点，更在于梳理和研究标准数字化转型需求、总体目标、技术路线图、实施路径图、管理流程和机制、配套软件工具和平台、典型试点案例。随着国际标准化发展，国内也开始进行标准数字化相关探索。

第一，我国政府将标准数字化上升到战略发展高度。我国政府从“顶层战略规划、专家团队、项目支持”等多个方面开展了研究，一是 2021 年发布了《国家标准化发展纲要》[1-2]，提出了要大力发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化发展[1-2]；

二是国家标准化管理委员会组建了“机器可读标准工作组”“机器可读标准专项任务组”“机器可读标准国际合作组”等专业团队，开展了机器可读国际标准发展战略和关键理论研究；三是发布国家重点研发计划质量基础设施（National Quality Infrastructure，简称为 NQI）重大专项、工信部智能制造专项等项目，支持机器可读标准相关理论和技术研究。

第二，各行各业结合自身产业优势开展标准数字化应用探索。以工业自动化、航空、电力领域为例，一是工业自动化领域更关注如何将标准数字化理论与智能制造系统相结合，正积极开展公共数据字典建设及数字工厂模型等机器可读标准关键技术及应用场景研究[6,9,18]；二是航空领域更关注如何将标准数字化理论应用于航空产品研制、生产、运行等环节中，正积极开展航空标准信息服务云平台、航空标准数字化知识图谱及航空标准数字化语义知识网[8]等机器可读标准关键技术及应用场景研究；三是电力领域，国家电网公司已开展电力标准数字化概念、技术路径、核心技术、应用场景等相关工作，正积极开展电力标准知识图谱构建方法及应用场景研究[19]。南方电网公司更关注标准数字化理论与数字平基础设施融合应用，正开展涵盖“标准管理、标准查询、标准应用、标准编写”等功能的数字生态系统建设[20]。

综上所述，标准数字化正成为推进国内各行各业数字化转型的新生力量，中国正从 2 级标准形态向 3 级标准形态迈进，国家标准化发展战略也明确表明标准数字化是大势所趋。机器识别标准指标并自动加工、机器识别标准指标并自动检验检测、标准数据库嵌入工业研发软件应用等新需求在国内迅猛发展，标准数字化发展已成为国内热点方向（见表 2）。

表 2　国内核心标准数字化需求、代表性领域、典型场景和试点案例

核心标准数字化需求	发展阶段	需求迫切程度	代表性领域	典型场景和试点案例
机器识别标准指标并自动加工	2~3 级	部分存在	智能制造	机器加工设备识别螺钉螺母相关标准的长宽高尺寸参数，自动加工生产
机器识别标准指标并自动检验检测	2~3 级	部分存在	电子信息	检验检测机器设备识别电子芯片相关标准的电阻率等参数，自动检验检测
标准数据库嵌入工业研发软件应用	2~3 级	部分存在	航空	飞机零部件结构选型设计中，标准的指标以数据形态嵌入二维和三维建模仿真软件中应用
标准状态和内容动态更新	2~3 级	较普遍	电力电网	电力巡检过程中，机器自动向巡检作业人员反馈标准发布、废止、更新状态和标准更新变化的具体内容
标准在线编写、标准数据统计与分析	2~3 级	较普遍	标准化机构	利用计算机实现多人在线编写标准，并实现标准指标数据分析和可视化图形展示

2　中国标准数字化转型发展机遇

2.1　标准数字化新技术促进标准链产业链全链条发展

标准数字化新技术在提升标准编写效率、扩大标准检索资源、挖掘标准数据潜在价值三个方面发挥着重要作用。第一，提升标准编写效率。标准撰写是标准化工作重要一环，标准数字化的应用将引发标准化撰写从编写方式到编写内容的变革[21-24]，大数据分析技术和人工智能技

术使标准内容编写突破了时间和空间的限制，实现了同一个标准文档的多人在线协同编写、计算机辅助文字格式排版、计算机辅助图像文本识别，实现了由标准文本编写向标准数据编写的跨越式转变。第二，扩大标准检索资源[25-29]。标准检索的受众极其广泛，不仅涉及标准化从业者，还面向千千万万期望获取标准知识的普罗大众。标准数字化的应用将改变整个社会，即从检索标准全文到检索标准知识的变革[30-33]。人们不再满足于通过标准名称、标准编号获取标准全文，而期望能通过标准指标或参数名称直接获取相应关键指标值和参数值[34-35]。此外，计算机自动展示与检索词相关的参考文献、引用文献等系列信息资源，且大数据分析技术和人工智能技术使得标准检索突破了人类脑力存储和计算分析知识的限制[36-37]，实现了计算机精准检索和快速知识分析，实现了由标准全文检索向标准知识检索的阶梯式飞跃。第三，挖掘标准数据潜在价值。标准数据价值挖掘是一项重要工作，标准数字化的应用将引发标准化顶层设计人员从人工数据整理到计算机自动分析挖掘的变革。大数据分析技术和人工智能技术使标准数据智能化应用突破了人脑逻辑分析、关系推理的限制[38-40]，实现了计算机数据关联关系快速分析和数据可视化图像展示，实现了由人工整理标准数据向计算机自动进行标准数据价值挖掘的阶跃式变革。

2.2　标准化发展政策鼓励引导标准数字化发展

为了顺应世界标准数字化转型发展的浪潮，中国已在国家标准体系改革、机器人标准体系建设、新一代人工智能标准体系建设、机器可读标准等方面建立起适应标准数字化转型和社会需求的政策体系（见表 3）。2015 年，国务院印发《深化标准化工作改革方案》，随后《国家机器人标准体系建设指南》《国家新一代人工智能标准体系建设指南》等政策文件相继出台，强化了机器人、人工智能等前沿技术发展力度。2021 年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》正式发布，随后出台了《国家标准化发展纲要》《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划》等一系列促进数字标准、机器可读标准与产业融合发展的政策规划，初步构建了标准数字化转型的政策保障。

表 3　中国标准数字化转型主要政策性文件

时期	出台背景	政策性文件	主要措施
2015—2020 年	现行标准体系和标准化管理体制是 20 世纪 80 年代确立的，政府与市场的角色错位，市场主体活力未能充分发挥，既阻碍了标准化工作的有效开展，又影响了标准化作用的发挥	《深化标准化工作改革方案》（2015 年）	把政府单一供给的现行标准体系转变为由政府主导制定的标准和市场自主制定的标准共同构成的新型标准体系，政府主导制定的标准由 6 类整合精简为 4 类
	人们逐渐意识到机器人在支撑智能制造、提升生产效率、增进民众福祉等方面发挥重要作用	《国家机器人标准体系建设指南》（2017 年）	制定机器人协作相关标准，包括机器人与人标准、机器人与机器人标准、机器人与生产线标准等
	人工智能技术对促进产业健康可持续发展具有重要作用	《国家新一代人工智能标准体系建设指南》（2020 年）	建立国家新一代人工智能标准体系，推动其在开源、开放的产业生态中不断自我优化，充分发挥其在基础共享、伦理、安全隐私等方面标准的引领作用

续表

时期	出台背景	政策性文件	主要措施
2021 年以来	加快构建推动高质量发展的标准体系，为“十四五”开好局起好步提供有力支撑	《2021 年全国标准化工作要点》（2021 年）	开展机器可读标准、数据库标准试点，探索数字化条件下国家标准管理新形式、新机制
	新时代推动高质量发展、全面建设社会主义现代化国家，迫切需要进一步加强标准化工作	《国家标准化发展纲要》（2021 年）	发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转型
	贯彻落实《国家标准化发展纲要》，指导国家标准的制定与实施，加快构建推动高质量发展的国家标准体系	《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》（2021 年）	深入推进国家标准数字化试点，探索增加机器可读标准、开源标准、数据库标准等新型国家标准供给形式
	坚持把《国家标准化发展纲要》落到实处，进一步构建推动高质量发展的标准体系	《2022 年全国标准化工作要点》（2022 年）	加强标准数字化技术研究，把握前沿科技发展趋势，增加标准化基础理论储备
	贯彻实施《国家标准化发展纲要》，明确 2023 年年底前重点工作	《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划》（2022 年）	加强数字技术标准制定，推进数字产业化和产业数字化；制定一批数据安全、数据交易标准，促进数据要素市场发展；建设国家数字标准馆，推动各级标准馆建设发展；完善全国标准信息公共服务平台功能，实现跨部门、跨行业、跨区域标准化信息交换与共享
	为全面建设社会主义现代化国家开好局起好步提供标准支撑	《2023 年全国标准化工作要点》（2023 年）	推进标准数字化，加强标准数字化体系建设，制定一批数字化基础标准；开展标准数字化路线图研究，围绕重点领域开展标准数字化应用试点
	为深入推进《国家标准化发展纲要》各项重点任务实施，加强质量支撑和标准引领	《2024 年全国标准化工作要点》（2024 年）	积极推进标准数字化研究，开展标准数字化试点

2.3 传统标准化发展格局产生重大变革

第一，传统图书馆、档案馆、标准馆、出版社与互联网平台的依赖关系愈发紧密。标准数字化转型将改变现有传统图书馆、档案馆、标准馆、出版社主导发展的格局[41-42]，将引入新的互联网企业竞争者，极大可能改变市场现有规模和市场优势主体地位。各类互联网平台将不再单单是标准文档 PDF 形态的接收和存储服务主体，而将深度参与标准的数据形态确立、数据格式定义、数据接口管理、数据资源存储库建立、数据深度挖掘与分析应用等标准全生命周期管理（包括标准研制、立项与发布、查询、评审、应用等）的各个环节。互联网平台的深度参与一方面将促使传统图书馆、档案馆、标准馆、出版社加快数字化转型步伐[43]，推动数字技术与标准化领域融合创新；另一方面可能将互联网时代流量为主的价值观引入标准化领域，导致互联网平台过度争抢流量价值，而忽视挖掘标准背后潜在价值和知识的重要性，亟须重点关注。

第二，标准信息资源服务平台的数字化治理难度大幅提升。标准信息资源服务平台的治理程度主要体现在标准数据库共用共享的开放程度和标准数据形态互联互通的顺畅程度。然而，当前中国的标准信息资源服务平台发展相对滞后，适用于新兴的标准数字化信息资源管理机制尚未建立，导致各行各业建立的标准指标库和标准资源库孤立存在。不仅存在重复建设现象，而且行业

和企业也尚未考虑自身平台该如何更好地与国家标准资源服务平台接口，未来应如何嵌入国家标准资源库和标准信息服务平台中发展。国家标准管理部门已开展标准信息资源服务平台等数字化建设工作[44]，但是尚未开展全国一盘棋的、各行业各领域标准资源库共享贯通的网络化、智能化管理工作，未能从根本上进行标准化领域的数据治理和标准数据价值共享。虽然，发展开源标准、机器可读标准、公共数据标准已成为政府管理的发展重点，但是标准数据库互联互通和共享共用仍存在较大阻碍。其原因在于：一方面众多行业机构前期在标准资源库的建立和维护环节消耗了大量成本和人力物力资源；另一方面标准数据库也可能涉及企业大量核心技术和核心机密数据[43-45]，难以简单地对数据库进行“一刀切”。

2.4 标准数据治理理念发生深度改变

数字技术与标准化领域的深度融合使标准化工作的标准撰写方式、标准管理模式、标准应用场景等方面发生了巨大变化，引发标准数据治理理念的深度改变，见表4。

表4 标准数据治理理念转变特征

类别	标准数字化转型进程	治理理念转变特征
标准形态	从0级纸质文本	从人工阅读纸质标准，向机器自动阅读、理解执行、解释数据形态标准发展
	到1级PDF数字格式标准	
	到2级机器可读文档标准	
	到3级机器可读内容和可执行内容标准	
	到4级机器可解释内容标准	
业务需求	从普通标准全文检索	从人工使用标准全文，向计算机挖掘标准潜在知识和价值发展
	到标准在线协同编写、标准指标提取与比对、标准智能推荐、标准数据嵌入软件应用等	
载体形式	从纸质形态为主	从纸质文本管理向数据治理发展
	到数据形态为主	
获取方式	从线下标准馆、图书馆、书店等实体机构	从二元主导结构向四象协同发展
	到软件工具、系统、平台等线上数字资源	
治理对象	从人工阅读、处理标准	从人工处理标准文本，向人机协同、机机协同治理标准知识发展
	到计算机辅助人工处理，实现人机协同交互	
	到计算机与其他系统设备协同处理，实现机机协同交互	

按照机器可读标准的基本概念和发展等级模型，从标准形态、业务需求、载体形式、获取方式、治理对象5个维度来看分析标准数据治理理念。标准形态方面，从普通纸质文本形态和PDF格式形态走向更高级机器可读、可执行、可解释标准形态；业务需求层面，从实现标准全文检索转为标准数据挖掘和标准数据价值共享；载体形式方面，从纸质形态转为公式、算法、代码、模型、软件系统等知识形态；获取方式层面，从线下实体机构到线上标准信息平台；治理对象层面，从人工阅读标准到人机协同、机机协同治理标准知识的转变。标准数字化治理模式呈现多元化和复杂性特征，在原本“政府—标准出版社”二元模式基础上，结合新兴数字技术和市场需

求，形成“政府—市场需求—行业机构—出版社”的四象结构，既体现了自上而下的国家战略性需求，又满足了自下而上的市场经济性需求，呈现出监管机制透明化、参与对象多元化、经济发展市场化等趋势。

3 中国标准数字化转型发展挑战

当前，中国标准数字化转型的探索尚处于新兴发展阶段，可以看出中国的标准数字化转型必将是以数据形态的标准为突破口，一定是朝着机器可读取、可执行、可解释等更为高级的机器可读标准方向演进的，且未来发展重点在于机器可读标准的数量、机器可读标准的质量以及机器可读标准应用场景的需求挖掘[46-50]。中国标准数字化转型需重点关注标准化数据管理、统一数据模型管理、数据治理等基础共性关键技术，及蕴含细分行业领域知识的公共数据字典、自然语言理解和知识图谱等专业特性技术。同时，中国标准数字化转型在标准体系研究的宏观层面、标准指标库的深层次分析层面、标准数据的分析与管理层面、标准模型的优化与应用层面的理论深度和创新应用略有欠缺，仍面临诸多问题与挑战。对此，中国亟须以解决实际问题为导向，开展标准数字化相关科学研究和探索，尤其关注 ChatGPT 类大模型、人工智能、数据治理、网络安全、隐私安全、版权保护等前沿技术对标准数字化转型工作的影响[51-55]，以及如何将上述前沿技术嵌入标准数字化转型中进行创新应用，以期推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转变。

第一，标准数字化转型的基本理论、关键技术、实施路径和应用场景尚未形成完整的体系。当前中国参与“ISO SMART”等重要国际标准制定的机会和话语权较小，因此，中国对标准数字化相关国际标准的参与度和贡献度较低。此外，缺乏基础前瞻性的标准信息单元、标准化架构模型、标准信息模型和其他机器可读标准概念模型和用例方法。这些极其重要的基础概念体系和理论模型的构建思路和话语权掌握在发达国家手中[56]，极大限制了中国标准数字化转型相关国际标准和前沿关键技术的长期发展。

第二，标准数字化转型相关的成熟产品和优秀试点案例较少。标准化领域门槛较高，大多数企业没有成熟的标准化专业研究团队和标准化工作经验[51-53]。因此，在标准数字化发展过程中，许多企业大多停留在理论层面，尚未明确与自身业务密切相关的标准数字化转型要求，也没有提出适用于自身转型发展需求的标准数字化核心技术产品和标准数字化业务场景。当前许多专业标准化机构和科研院所开展了标准数字化试点示范案例，但大多局限于某一特定情况下专业场景或仅围绕自身业务需求开展局部探索[54]，且研发投入和成本都极高，使得其他企业难以借鉴和复制推广[55-56]。由此，挫伤了相关企业对标准数字化转型研究的积极性，难以衍生和标准数字化相关的生态圈和产业群，也难以呈现百花齐放的局面。

第三，支撑标准数字化建设和发展的制度体系和管理机制有待健全和完善。标准数字化是近两年来新兴的概念，也是未来标准化发展的大趋势，因此本身具备前瞻性、前沿性的属性和特质，现有的很多标准化制度和管理机制已不适应新时代发展要求[57-58]。2021 年，中共中央、国务院发布《国家标准化发展纲要》，明确提出要大力发展“数字标准和机器可读标准”[1]。2022 年，《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划》发布，明确指出“加强数字技术标准制定，

推进数字产业化和产业数字化”[2]。但是，如何高质量、科学地推动数字标准与产业数字化、数字产业化相融合有待进一步完善[59]。

4 中国标准数字化转型发展对策

我国标准数字化转型发展应在兼顾国际与国内、理论与实际、技术与管理统一的前提下，探索从眼前到长远、从宏观到微观的标准数字化发展对策。

第一，大力发展标准数字化基础概念体系和基础共性关键技术。瞄准世界先进技术发展方向和趋势[60-62]，对标国际标准化组织和区域标准化机构，跟踪和分析 ISO、IEC 等国际标准化组织及其他国家发布的数字标准[63-64]，密切关注以机器可读标准为代表的技术标准发展方向，加快标准信息单元构建方法、标准信息模型、标准标签集、公共数据字典等标准数字化基础共性技术研究，加快自然语言理解、知识图谱等标准数字化关键应用技术研究[58-61]。

第二，强化标准数字化相关政策保障，以贯彻《国家标准化发展纲要》为根本遵循，以《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划》为行动纲领，建立与标准数字化转型发展相适应的政策性保障体系，加强标准数字化转型的顶层设计。成立国家层面的标准数字化战略规划专家委员会，开展战略研究和战略部署，从顶层规划好技术路径图和实施路径图。建立存量标准阶段性数字化转化机制和增量标准阶跃性数字化转化机制，探索标准数字化技术与标准化工作相结合的新需求、新技术、新应用、新模式、新场景、新业态。利用数字化手段对标准制修订、标准发布、标准实施等环节进行评估、监督和管理[62]。定期开展机器可读标准和数字标准实施效果评估和应用效果评估。

第三，推动标准数字化理论与各类业务场景融合和创新应用，加快建立全国统一接口的标准数字化资源服务平台，保障标准数据源的唯一性和权威性。加强各行各业标准指标库、标准资源库共用共享，减少同类标准数据资源和标准指标库重复建设[61-62]。加强知识图谱语义网络和结构化索引库研究，提升标准数字智能检索、智能推荐、数据价值挖掘、数据可视化处理等能力和水平。推动不同行业和领域标准数字化成果创新融合，推动航空、工业自动化、电子通信、电力电网等领域实现标准数据资源互联互通和共享共用，提高标准技术要素和核心指标的提取、分类和验证能力，加强标准的动态关联和实时更新能力。推动标准与产业数字化的生态融合，提高标准在预研、立项、制修订、评审、应用、实施、服务等环节的使用效率和管理能力，提高数字化项目设计、开发、维护和保障的支撑能力，促进标准链与产业链融合发展[63-64]。

第四，提前谋划标准数字化未来国际市场，大力推动机器可读标准和数字标准的国际交流与合作。依托“一带一路”发展机遇，加快与“一带一路”沿线国家在标准数字化相关科技项目、工程项目等方面的跨境业务合作，促进国际标准的相互认可和交流，战略性地抢占机器可读标准发展机遇。鼓励产学研联盟、科研院所、社会组织和企业积极参与国际交流[65-66]，牵头和参与制定“ISO SMART”相关国际标准。搭建国际合作交流平台，吸引海外高端人才来中国开展战略合作和高端智库研究，不断提升我国标准建设的国际影响力。

【参考文献】

［1］中共中央 国务院印发《国家标准化发展纲要》［J］. 中华人民共和国国务院公报，2021（30）：35-41.

［2］尹航，谢斐，应禾. 从国内国际标准化战略看标准化工作发展趋势［J］. 标准科学，2023（1）：78-83.

［3］徐银华，肖英萍，郭宁. 全球标准化战略态势下解读《国家标准化发展纲要》及落实思考［J］. 中国标准化，2022（9）：48-52.

［4］张佩玉，裴继超. 邬贺铨：标准数字化是大势所趋［J］. 中国标准化，2022（7）：24-29.

［5］于欣丽. 对我国标准数字化工作的几点思考［J］. 中国标准化，2022（5）：7-13.

［6］汪烁，卢铁林，尚羽佳. 机器可读标准——标准数字化转型的核心［J］. 标准科学，2021（S1）：6-16.

［7］刘曦泽，王益谊，杜晓燕，等. 标准数字化发展现状及趋势研究［J］. 中国工程科学，2021，23（6）：147-154.

［8］李翔宇，傅田，潘鑫，等. 标准数字化在航空行业应用探索与实践［J］. 信息技术与标准化，2022（10）：68-72，78.

［9］王春喜，汪烁. 工业自动化领域机器可读标准研究［J］. 中国标准化，2021（S1）：27-31.

［10］马超，邓桃，周勤勇，等. 面向电力领域的标准数字化转型工作研究——需求分析、转型路径与应用场景［J］. 中国标准化，2022（23）：87-92.

［11］甘克勤，孙红军. 国家数字标准馆建设与实现路径研究［J］. 信息技术与标准化，2022（10）：23-26.

［12］程云，陈国祥，陈寒竹，等. 基于人工智能的标准数字化关键技术路径探索［J］. 信息技术与标准化，2022（10）：60-67.

［13］王一禾，吕千千，祝贺. 标准数字化转型关键技术及其应用分析［J］. 信息技术与标准化，2022（10）：51-55，59.

［14］白殿一. 从标准化原理视角看标准数字化［J］. 中国标准化，2022（22）：11-13.

［15］ISO. ISO strategy 2030 (the 3rd edition) ［R］. Geneva: ISO Central Secretariat, 2021.

［16］IEC. IEC发展规划（2017年）［R］. 北京：中国电器工业协会，2017.

［17］ITU. ITU, Strategic plan for the union for 2020-2023 ［R/OL］.（2015-08-30）［2021-08-03］. https://www.itu.int/en/council/plan-ning/Pages/default.aspx.

［18］汪烁，段菲凡，林娟.标准化工作适应全球数字化发展的必然趋势——标准数字化转型［J］. 仪器仪表标准化与计量，2021（3）：1-3，14.

［19］马超，宋琛. 电力标准数字化：概念、核心挑战、治理路线图及发展趋势［J］. 电网技术，2024，48（2）：480-497.

［20］马超. 中国标准数字化转型：认知阐释、现实问题及发展路径［J］. 图书与情报，2023（4）：50-63.

［21］陈心怡，张华，贾君君，等. 数字经济下工业生产标准数字化转型探索研究［J］.中国标准化，2023（1）：48-52.

［22］马超. 面向机器可读标准的电力标准数字化述评与展望［J］. 中国电力，2023，56（8）：216-229.

［23］Dominik Ehring, Janosch Luttmer, Robin Pluhnau, et al. SMART standards - concept for the automated transfer of standard contents into a machine-actionable form ［J］. Procedia CIRP, 2021, 100: 163-168.

［24］Chao M, Tao D, Liyuan W, et al. The Digital Transformation Research of Power Standard for "Human-Human Interaction, Human-Machine Interaction and Machine-Machine Interaction" : Key Technologies and Application Scenarios ［C］//2022 4th International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES). IEEE, 2022: 2361-2366.

［25］FRIESEN N. Interoperability and learning objects: an overview of e-learning standardization ［J］. Interdisciplinary Journal of e-Skills and Lifelong Learning, 2005, 1: 23-31.

[26] Wang R, Zhang Y, Mao J, et al. Translating a Visual LEGO Manual to a Machine-Executable Plan [C] // European Conference on Computer Vision. Cham, Switzerland: Springer, 2022.

[27] Cheryl Guttman Krader. Standards to implement AI [J] . Dermatology Times,2020,41(9): 3-8.

[28] Wang, X, Gorlitsky, R. & Almeida, J. From XML to RDF: how semantic web technologies will change the design of 'omic' standards [J] . Nat Biotechnol, 2005, 23: 1099-1103.

[29] Vogt, L, Mikó, I. & Bartolomaeus, T. Anatomy and the type concept in biology show that ontologies must be adapted to the diagnostic needs of research [J] . Journal of Biomedical Semantics, 2022, 13: 1-18.

[30] Kang Bongju,Lee Yangkee. Forecasting the competition of international standardization preoccupation [J] . Standards,2022,2(3):1-10.

[31] 马超. 全球标准数字化专利发展态势及热点分析 [J] . 科学观察，2023，18（5）：57-75.

[32] 马超. 电力标准数字化转型发展路径研究 [J] . 电力信息与通信技术，2023，21（11）：21-29.

[33] Weede E. Economic development, social order, and world politics [M] //Economic Development, Social Order, and World Politics: Boulder and London: Lynne Rienner Publishers, 2022.

[34] Jenkins R. How China is reshaping the global economy: Development impacts in Africa and Latin America [M] . Oxford University Press, 2022.

[35] Kobilov A U, Khashimova D P, Mannanova S G, et al. Modern content and concept of digital economy [J] . International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding, 2022, 9(2): 375-378.

[36] Al-Qudah A A, Al-Okaily M, Alqudah H. The relationship between social entrepreneurship and sustainable development from economic growth perspective: 15 'RCEP' countries [J] . Journal of Sustainable Finance & Investment, 2022, 12(1): 44-61.

[37] Kirikkaleli D, Güngör H, Adebayo T S. Consumption-based carbon emissions, renewable energy consumption, financial development and economic growth in Chile [J] . Business Strategy and the Environment, 2022, 31(3): 1123-1137.

[38] Li J, Chen L, Chen Y, et al. Digital economy, technological innovation, and green economic efficiency:empirical evidence from 277 cities in China [J] . Managerial and Decision Economics, 2022, 43(3): 616-629.

[39] Pan W, Xie T, Wang Z, et al. Digital economy: an innovation driver for total factor productivity [J] . Journal of Business Research, 2022, 139: 303-311.

[40] Anderson D, Robinson J, Towler J, et al. Simulation modeling in the development of flight procedures and airport standards [C] //Proceedings of AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit. San Francisco: AIAA, 2005: 5879.

[41] Wang Q, Wang S. Carbon emission and economic output of China's marine fishery-a decoupling efforts analysis [J] . Marine Policy, 2022, 135: 104831.

[42] Ramesh S. The theories of cognitive development [M] //The Political Economy of Human Behaviour and Economic Development. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2022: 143-180.

[43] Petrenko S. Cyber security innovation for the digital economy: a case study of the Russian federation [M] . Boca Raton: CRC Press, 2022.

[44] Zhao X, Mahendru M, Ma X, et al. Impacts of environmental regulations on green economic growth in China: new guidelines regarding renewable energy and energy efficiency [J] . Renewable Energy, 2022, 187: 728-742.

[45] Hodgkinson D. Standardization and business development: the global impact of the IOSA standards and the value of anticipation [M] . Geneva: IEC, 2006.

[46] Balland P A, Broekel T, Diodato D, et al. The new paradigm of economic complexity [J] . Research Policy, 2022, 51(3): 104450.

［47］Schneider B R, Doner R F. The new institutional economics, business associations, and development［J］. Brazilian Journal of Political Economy, 2022, 20: 229-252.

［48］Mamatzhonovich O D, Khamidovich O M, Esonali o'g'li M Y. Digital economy: essence, features and stages of development［J］. Academicia Globe: Inderscience Research, 2022, 3(4): 355-359.

［49］Mughal N, Arif A, Jain V, et al. The role of technological innovation in environmental pollution, energy consumption and sustainable economic growth: evidence from south asian economies［J］. Energy Strategy Reviews, 2022, 39: 100745.

［50］Khan I, Hou F, Zakari A, et al. Links among energy intensity, non-linear financial development, and environmental sustainability: new evidence from Asia Pacific Economic Cooperation countries［J］. Journal of Cleaner Production, 2022, 330: 129747.

［51］Ma Q, Tariq M, Mahmood H, et al. The nexus between digital economy and carbon dioxide emissions in China: The moderating role of investments in research and development［J］. Technology in Society, 2022, 68: 101910.

［52］马超. 标准数据形态变革视域下我国标准数字化转型发展综述［J］. 信息通信技术与政策，2024，50（2）：74-81.

［53］Pan Y, Dong F. Dynamic evolution and driving factors of new energy development: fresh evidence from China［J］. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 176: 121475.

［54］Han D, Ding Y, Shi Z, et al. The impact of digital economy on total factor carbon productivity: the threshold effect of technology accumulation［J］. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29: 55691-55706.

［55］国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会. GB/T 2373-2021标准文献元数据［S］. 北京：国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会，2021.

［56］蔡玉胜. 聚焦创新驱动　赋能国内大循环——《战略性新兴产业发展动力机制及创新模式》书评［J］. 河北工业大学学报（社会科学版），2022，14（2）：95.

［57］谭海波，王丹. “引领型政府”：战略性新兴产业发展中的政府行为模式——基于贵州省大数据发展大事记的分析［J］. 公共治理研究，2022，34（4）：14-21.

［58］贾荣言. 京津冀协同发展背景下战略性新兴产业人才流动研究［J］. 河北企业，2022（6）：56-58.

［59］孙理军，张蔓，高倩. 战略性新兴产业要素禀赋、技术创新能力与产业发展质量的关系［J］. 科技管理研究，2022，42（9）：1-7.

［60］赵奎. 战略性新兴产业高质量发展形成机理及培育路径研究［J］. 重庆第二师范学院学报，2022，35（2）：26-31.

［61］张宁，翟晚枫，花锋. 法庭科学标准数字化转型的路径思考［J］. 标准科学，2022（4）：20-26.

［62］肖英萍，刘悦，何世新，等. 企业标准数字化实现路径初探［J］. 中国标准化，2022（8）：6-10.

［63］Spadaro G, Tiddi I, Columbus S, et al. The cooperation databank: machine-readable science accelerates research synthesis［J］. Perspectives on Psychological Science, 2022, 17(5): 1472-1489.

［64］Peng M W. Global business［M］. Boston, MA: Cengage learning, 2022.

［65］Bekun F V, Adedoyin F F, Lorente D B, et al. Designing policy framework for sustainable development in next-5 largest economies amidst energy consumption and key macroeconomic indicators［J］. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(11): 16653-16666.

［66］Butt O M, Zulqarnain M, Butt T M. Recent advancement in smart grid technology: future prospects in the electrical power network［J］. Ain Shams Engineering Journal, 2021, 12(1): 687-695.

Standard Digital Governance Strategy: Opportunities, Challenges, and Countermeasures

Ma Chao

（China Electric Power Research Institute，Beijing 100192,China）

Abstract:［**Purpose/Significance**］Digitalization of standards can deeply explore the potential knowledge of standards and unleash their potential value. The Chinese standard digital governance strategy is directly related to the development of China's digital economy and China's international competitive discourse power.［**Method/Process**］Based on the trend of global standard digital transformation, this research is conducted from four aspects: new technologies, development policies, development patterns, and governance concepts.［**Result/Conclusion**］The research findings indicate that: (1) digital governance of standards needs to seize four opportunities: firstly, new technologies of standard digitization promote the development of the entire standard chain industry chain; secondly, standardization development policies encourage and guide the development of standard digitization; thirdly, the traditional standardization development pattern undergoes changes; fourthly, the concept of standard data governance undergoes changes; (2) The standard digital governance is facing three challenges. Firstly, the basic theory, key technologies, implementation paths, and application scenarios have not yet formed a complete system. Secondly, there are few mature products and excellent pilot cases. Thirdly, the institutional system and management mechanism need to be improved and perfected; (3) Four strategies need to be considered for standard digital governance: firstly, vigorously developing basic conceptual systems and key technologies with common characteristics; Secondly, strengthen relevant policy guarantees; Thirdly, promote the integration and innovative application of relevant theories with various business scenarios; The fourth is to plan ahead for the future international market.

Keywords: Standard digitization; Development of Standardization in China; Machine readable standards; Standardization development strategy

（本文责编：孔青青）